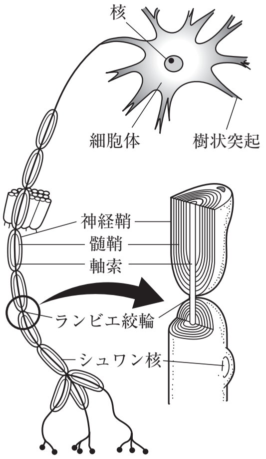
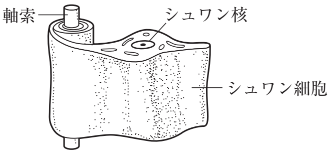
第28講　神経細胞

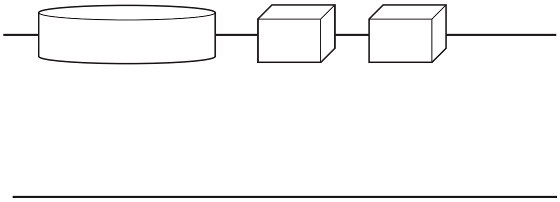
■神経細胞

◆ニューロンの構造



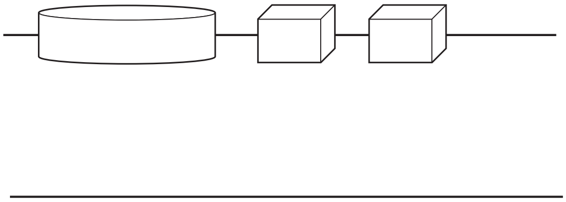


◆興奮の伝導　…　神経繊維上を膜の興奮が伝播



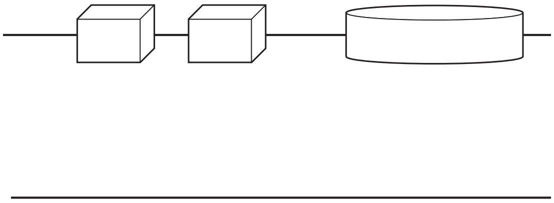
①軸索の細胞膜上には，能動輸送を行うNa^+ポンプと受動輸送を行うNa^+チャネル，K^+チャネルが存在。ポンプによるNa^+とK^+の移動，K^+チャネルによるK^+の漏えいにより，軸索内の電位が負に。

静止電位　（－70～－90mV）



②刺激によって，Na^+チャネルが開く。その結果，Na^+が軸索内に流入し，軸索内の電位が相対的に正に。

活動電位　（＋100～＋110mV）

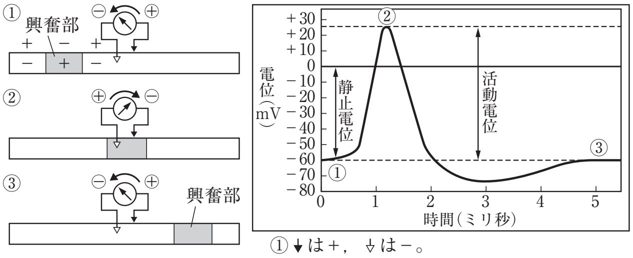


③Na^+チャネルが閉じ，すぐにK^+チャネルが開く。その結果，K^+が軸索外に流出し，再び軸索内が負に。イオンのバランスから，すぐには活動電位を生み出せない。改めてポンプが作動し，①の状態に移行する。不応期

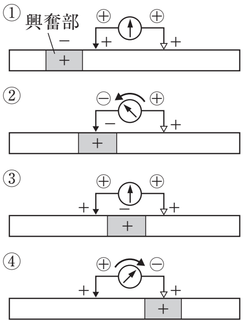
ⒸRECRUIT HOLDINGS

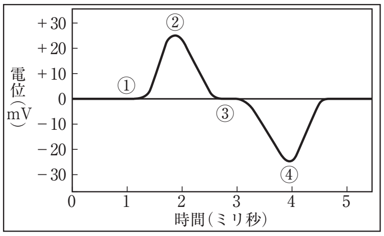
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

・電位の測定…↓を基準に⇩の電位を評価



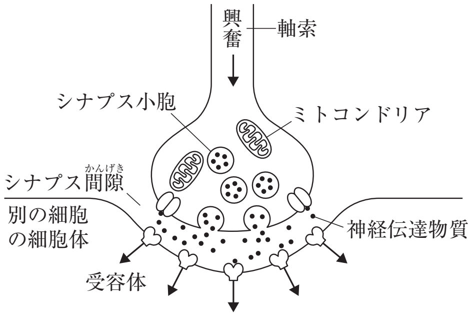
①↓は＋，⇩は－。
②↓は－，⇩は＋。
③↓は＋，⇩は－。





①↓，⇩はともに＋。
②↓は－，⇩は＋。
③↓，⇩はともに＋。
④↓は＋，⇩は－。

◆興奮の伝達

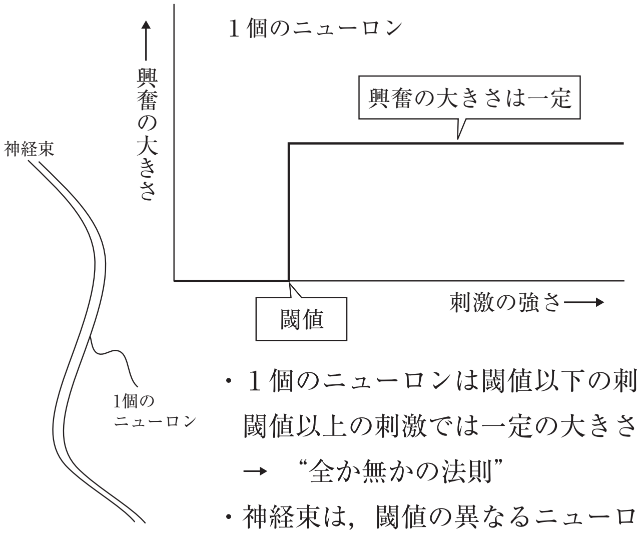


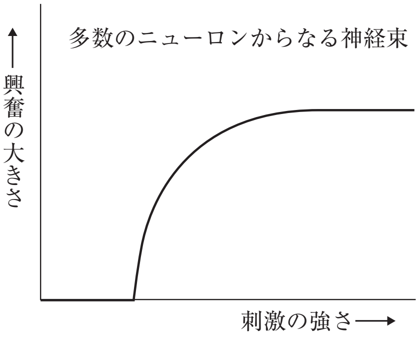
神経伝達物質
アセチルコリン…運動神経 副交感神経
ノルアドレナリン…交感神経
他，ドーパミン，セロトニン

・軸索の末端まで興奮が到達すると，シナプス小胞から神経伝達物質が放出される。
・神経伝達物質はシナプス間隙を拡散し，樹状突起(細胞体)側の受容体に結合する。
・神経伝達物質の受容体への結合によって細胞が興奮し，伝達は完了する。
・放出された神経伝達物質は速やかに分解・回収され，過剰な反応を抑えている。

◆全か無かの法則

・刺激の強さと興奮の大きさ



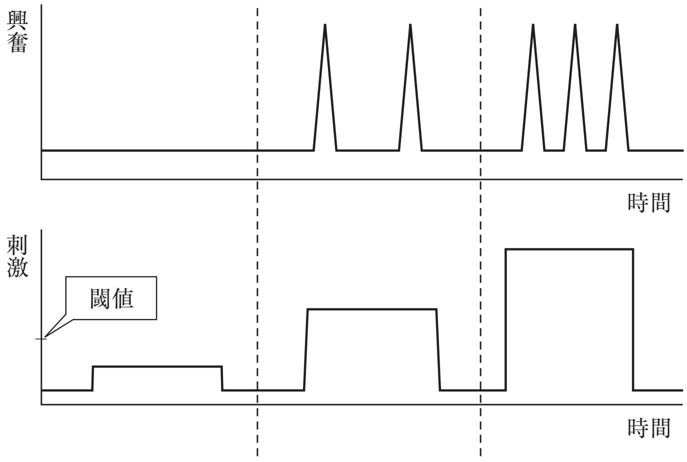


・１個のニューロンは閾値以下の刺激では反応しないが，閾値以上の刺激では一定の大きさの興奮を示す。

→　“全か無かの法則”

・神経束は，閾値の異なるニューロンの集合であるため，全か無かの法則には従わない。

・刺激の強さと興奮の頻度



・１個のニューロンに，持続的な刺激を与えると，刺激の強さは，興奮の頻度に変換されて伝えられる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第28講　演習問題

動物の神経細胞における興奮の伝導と伝達に関する次の文を読み，以下の各問いに答えよ。

神経細胞の$_ア$軸索の末端は，［1］間隙と呼ばれる狭いすきまを隔てて次のニューロンと連絡する。軸索末端部に隣接する神経細胞の［1］側の細胞膜には，伝達物質依存性チャネルが存在する。軸索末端部から放出された$_イ$神経伝達物質がこのチャネルを構成するタンパク質に結合すると，タンパク質が変形し，チャネルが開き（　A　）して膜電位が変化する。このチャネルはすぐに閉じるが，近くにある電位依存性の［2］チャネルが開き，（　B　）する。このようにして細胞内の［2］イオン濃度が［3］，活動電位を生じ，細胞に興奮が伝達される。その後，分泌された神経伝達物質は，直ちに［4］されたり，再び［5］へ取り込まれたりして，興奮の伝達は終了する。

問１　上の文中の［1］〜［5］にあてはまる最も適切なものを次の解答群からそれぞれ選べ。

［1］　カルシウム　［2］　ナトリウム　［3］　カリウム　［4］　Z膜
［5］　シナプス　［6］　神経節　［7］　毛細血管　［8］　標的細胞
［9］　神経終末　［0］　拡散　［a］　分解　［b］　中和
［c］　高まって　［d］　低下して

問２　上の文中の（　A　），（　B　）にあてはまる最も適切な記述を次の解答群からそれぞれ選べ。

［1］　細胞内のナトリウムイオンが細胞外に流出
［2］　細胞外のナトリウムイオンが細胞内に流入
［3］　細胞内のカルシウムイオンが細胞外に流出
［4］　細胞外のカルシウムイオンが細胞内に流入
［5］　細胞内のカリウムイオンが細胞外に流出
［6］　細胞外のカリウムイオンが細胞内に流入

問３　下線部アに関する適切な記述を次の解答群から２つ選べ。

［1］　軸索の一部が刺激されると，興奮は神経末端側の一方向に伝導する。
［2］　軸索の一部が刺激されると，興奮は両方向に伝導する。
［3］　無髄神経繊維では，軸索が太くなると，情報を運ぶ速度が速くなる。
［4］　無髄神経繊維とは，軸索が神経鞘に包まれていない神経繊維をいう。
［5］　１本の軸索に刺激を与えるとき，刺激を強くするにしたがって活動電位の大きさは大きくなる。
［6］　無髄神経繊維の伝導速度は，一般に70〜120m/秒であり，有髄神経繊維では，およその100倍の速度で伝導する。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問4　下線部イに関する適切な記述を次の解答群から2つ選べ。

[1]　運動神経末端からは，ノルアドレナリンが放出される。

[2]　運動神経末端からは，アドレナリンが放出される。

[3]　運動神経末端からは，アセチルコリンが放出される。

[4]　交感神経の末端からはアセチルコリンが，副交感神経の末端からはノルアドレナリンがそれぞれ分泌される。

[5]　交感神経の末端からはノルアドレナリンが，副交感神経の末端からはアセチルコリンがそれぞれ分泌される。

[6]　交感神経の末端からはアドレナリンが，副交感神経の末端からはアセチルコリンがそれぞれ分泌される。

[7]　交感神経の末端からはアセチルコリンが，副交感神経の末端からはアドレナリンがそれぞれ分泌される。

[8]　神経伝達物質は，ノルアドレナリンとアセチルコリンのみである。

[9]　神経伝達物質は，アドレナリンとアセチルコリンのみである。

問5　受容器からの信号の伝達に関する適切な記述を次の解答群から2つ選べ。

[1]　聴神経は，基底膜が振動し，コルチ器内の聴細胞の感覚毛とおおい膜とが接触することにより聴細胞で生じた興奮を大脳に伝える。

[2]　前庭神経は，体の傾きにより生じた耳小骨のずれを感知して脳に伝える。

[3]　前庭神経は，体の回転による半規管内のリンパ液の動きを感知した感覚細胞で生じた興奮を脳に伝える。

[4]　視神経は，黄斑で束となって眼球から外へ出ていく。

[5]　視神経細胞は，網膜と脈絡膜の間に分布し，連絡神経細胞を介して視細胞で生じた興奮を受け取り大脳に伝える。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第28講　確認テスト

神経に関する以下の各問に答えよ。

問１　次の［ 1 ］，［ 2 ］には語群Ａより，［ 3 ］～［ 5 ］には語群Ｂより，また［ 6 ］～［ 8 ］には語群Ｃより適当な語をそれぞれ選べ。

神経系は，脳などからなる［ 1 ］系と脊髄神経などからなる［ 2 ］系に大別される。神経系を構成している神経細胞はニューロンとも呼ばれ，核を含んだ［ 3 ］と，軸索からできている。また［ 4 ］神経の［ 3 ］には［ 5 ］突起と呼ぶ細い突起が発達している。神経細胞に毛細管電極を差し込んで，細胞内外の電位をはかってみると，刺激を受けていない場合には，［ 6 ］側が［ 7 ］側よりも電位が低い。この時の電位差を［ 8 ］電位という。刺激が強くなると，一時的に内外の電位が逆転する。この一過性の電位の変化を活動電位と呼ぶ。この電位変化が，隣接する部分への微弱な電流を誘導し，それが刺激となって隣接部に同じような電位変化が生じる。この電位変化が次々と軸索に沿って伝わることを興奮の伝導という。

<語群Ａ>

a）自律神経	b）脳神経	c）体性神経
d）末梢神経	e）中枢神経	f）交感神経

<語群Ｂ>

a）核小体	b）細胞体	c）樹状
d）神経	e）運動	f）感覚

<語群Ｃ>

a）内	b）外	c）低
d）定常	e）静止	f）膜

問２　刺激の強さの度合いは，活動電位のどのような変化となってあらわれるか。次のa)～d)から１つ選べ。

a）刺激の強さに比例して活動電位の大きさが増加する。

b）ある一定の強さの刺激までは，刺激の強さに比例して活動電位の大きさが増加する。それ以上強い刺激に対しては，活動電位は変化せず，活動電位の生じる頻度が増加する。

c）ある一定の強さの刺激によって活動電位が生じ，それ以上強い刺激に対しては，活動電位の大きさが刺激の強さに比例して増加する。

d）ある一定の強さの刺激によって活動電位が生じ，それ以上強い刺激に対しては，活動電位の大きさは変化せず，活動電位の生じる頻度が増加する。

ⓒRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問３　脊椎動物の多くの神経細胞の軸索では，髄鞘と呼ばれる構造がその周囲をおおっている場合があるが，それはどのような構造か。次のa)〜d)から１つ選べ。

a)　軸索の細胞膜が肥厚したもの。

b)　軸索の細胞膜が外に飛び出て，その膜が軸索に巻き付いたもの。

c)　神経細胞とは別の細胞が軸索に巻き付いたもの。

d)　軸索のまわりにタンパク質が沈着したもの。

問４　髄鞘が発達した神経は，そうでないものに比べ，興奮の伝導の速さはどうか，またその理由はなぜか，正しいものの組み合わせをあとのa)〜e)から１つ選べ。

＜速　さ＞

1)　おそい　　　2)　はやい

3)　伝導の速さと髄鞘の発達は無関係である。

＜理　由＞

ア)　髄鞘は電気的伝導性が高いので，電気的変化が速く伝わるから。

イ)　髄鞘は電気的絶縁性が高いので，電気的変化が伝わりにくいから。

ウ)　髄鞘は電気的絶縁性が高いので，電気的変化が髄鞘を跳び越して伝わるから。

エ)　髄鞘におおわれた部分も，その内側ではおおわれていない部分と同じ電気的変化が生じるから。

＜組み合わせ＞

a)　１とイ　　b)　１とウ　　c)　２とア　　d)　２とウ　　e)　３とエ

問５　次の文a)〜d)から正しいものを２つ選べ。

a)　神経細胞の軸索の部分を人為的に刺激すると，興奮はその両方へ伝わるが，生体の中では，伝わる方向は決まっている。

b)　神経細胞どうしの接合部(シナプス)では，神経伝達物質は両方の神経細胞から放出される。

c)　ヒトの座骨神経では，興奮の伝わる速度は毎秒60ｍ以上にも達する。

d)　シナプスでは，放出された伝達物質の量に比例した大きさの活動電位が生じる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜Note＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第28講　演習問題

問１　１　[5]　　２　[2]　　３　[c]　　４　[a]　　５　[9]

問２　Ａ　[2]　　Ｂ　[2]

問３　[2]，[3]

問４　[3]，[5]

問５　[1]，[3]

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第28講　確認テスト

問1　[1] e　[2] d　[3] b　[4] e
[5] c　[6] a　[7] b　[8] e

問2　d　問3　c　問4　d　問5　a，c

【解説】

問1　神経系は，脳や脊髄などの中枢神経系とそこから伸びる末梢神経系に大別される。末梢神経はさらに機能に応じて体性神経系と自律神経系，中枢から分枝する場所に応じて脳神経と脊髄神経に分けられる。神経細胞(ニューロン)は，核を含む細胞体，樹状突起，軸索からなり，神経細胞同士が複雑に絡み合うことで神経系が構成されている。刺激を受けていない場合の神経細胞では，軸索内側の電位が軸索外側よりも低くなっており，この電位差は静止電位と呼ばれる。

問2　神経細胞に刺激を与えた場合，その刺激が閾値以下の強さであれば神経細胞は興奮しない。閾値以上の刺激が与えられた場合は，ある一定の大きさの活動電位を生じるが，刺激をそれ以上強くしても発生する興奮の大きさは変わらない。この刺激に対する興奮のあらわれ方を“全か無かの法則”と呼ぶ。ゆえに，dが正解となる。a，b，cは刺激に強さに比例して興奮が大きくなる，という記述が不適となる。

問3　脊椎動物の軸索の多くは髄鞘でおおわれており，有髄神経繊維を構成している。髄鞘はシュワン細胞と呼ばれる細胞が何重にも軸索に巻き付いてできており，神経細胞の一部ではない。ゆえに，cが正解となる。

問4　髄鞘は絶縁性が高く，神経細胞の膜の興奮は髄鞘のすき間であるランビエ絞輪でのみ発生することになる。その結果，興奮はランビエ絞輪間を飛び石状に伝導することになり，この伝導速度は髄鞘を持たない無髄神経繊維の伝導に比べて非常に大きくなる。ゆえに，dが正解となる。

問5　伝導は両方向に伝わる可能性があり，軸索の一部を刺激した場合はその興奮は刺激した部分から両方向に伝わる。生体内では，軸索の途中から興奮が発生する状況が起きないため，軸索上を興奮が一方向に伝わることになる。ゆえに，aは正しい。一方，シナプスにおける伝達は軸索末端側から樹状突起や細胞体側に向けてのみ伝わり，逆には伝わらないため，bは不適となる。伝導速度は，軸索が太いほど，温度が高いほど速くなり，太い坐骨神経の伝導速度は100m/秒以上にもなる。ゆえに，cも正しい。伝達を受け取ったニューロンにおいても全か無かの法則が成り立つため，伝達物質による刺激がそのニューロンの閾値以上であれば，一定の大きさの活動電位が発生することになる。ゆえに，dは不適となる。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。